فصل اول کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی ۳
۱-۳- اهداف و اهمیت موضوع ۳
۱-٤- روش انجام تحقیق ٤
۱-۵- روش گرد آوری و تجزیه تحلیل اطلاعات ٤
۱-۵-۱- مطالعات دفتری ۵
۱-۵-۲- بازدید های صحرایی ۵
۱-٦- تاریخچه مطالعات قبلی ۵
۱-٦-۱- مطالعات مرحله شناخت ۵
۱-٦-۲- مطالعات مرحله اول ۵
۱-۷- خلاصه مشخصات طرح ٦
فصل دوم مروری بر کارهای گذشته ۷
۲-۱- مقدمه ۸
۲-۲- سد های بتن غلتکی ۸
۲-۲-۱- مزایای اصلی ۹
۲-۲-۲- مصالح ۹
۲-۳- روشهای تعیین نفوذپذیری ۱۰
۲-۳-۱- آزمایش فشار آب لوژن(Water Pressure Test) ۱۱
۲-۳-۱-۱- نتایج آزمایش لوژن ۱۲
۲-۳-۱-۱-۱ جریان خطی ۱۲

۲-۳-۱-۱-۲ جریان آشفته ۱۲
۲-۳-۱-۱-۳ آبشکستگی ۱۳
۲-۳-۱-۱-٤ رفتار پرشدگی ۱۳
۲-۳-۱-۱-٥ رفتار باز شدگی ۱۳
۲-۳-۲- بررسی و رابطه بین RQD و LU ۱٤
۲-٤- محاسبه نفوذ پذیری ۱٤
۲-٤-۱- رابطه تقریبی بین ضریب تراوایی، عدد لوژن و تزریق پذیری ۱٥
۲-٤-۲- شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) ۱٥
۲-٤-۲-۱- طبقه بندی توده سنک بر اساس SPI ۱٦
۲-٤-۲-۲- تفسیر نتایج با استفاده از دیاگرام های *SPI* ۱٦
۲-٤-۲-۳- بهسازی زمین با استفاده از *SPI* ۱۷
۲-٤-۲-٤- نتایج حاصل از ارتباط *RQD* و *SPI* ۱۸
۲-٥- روش های بهسازی و کنترل تراوش ۱۹
۲-٥- ۱- عملیات تزریق ۱۹
۲-٥-۱-۱- روشهای تزریق در سنگ ها ۲۰
۲-٥-۲- فشار تزریق ۲۱
۲-٦- عمق پرده ی تزریق ۲۲
۲-۷- فاصله ی چاه های تزریق ۲۳
۲-۱۱-۱- تعداد ردیف پرده تزریق ۲٤
۲-۱۲- لزوم یا عدم لزوم پرده تزریق ۲٤
۲-۱۳- اهمیت پیشینه مطالعه ناپیوستگی ها ۲٥
۲-۱۳-۱- روش های مطالعه ناپیوستگی ۲٦
۲-۱۳-۱-۱- جهت برداشت ناپیوستگی ها رخنمون های سطحی از روش های زیر استفاده میشود. ۲٦

فصل سوم زمین شناسی منطقه ۲۸

۳-۱- ویژگی های کلی منطقه ۲۹

۳-۲- چینه شناسی محدوده دشت لالی ۳۱

۳-۲-۱- سازند بختیاری ۳۱

۳-۳- واحد های آبرفتی_ واریزه ای ۳۲

۳-۳-۱- آبرفت : ۳۲

۳-۳-۲- واریزه ها و توده لغز ها (QSb ,QS , Q) ۳۳

۳-٤- تکتونیک منطقه ۳۳

۳-٤-۲- ویژگی های کلی تکتونیکی منطقه لالی ۳٤

۳-۵- لرزه زمین ساخت منطقه ۳۵

۳-۵-۱-۲- گسل های مهم در منطقه مورد مطالعه ۳٦

۳-۵-۱-۳- لرزه خیزی منطقه ۳٦

۳-۵-۱-٤- برآورد شتاب بیشینه زمین در محل سد ۳۸

۳-٦- زمین شناسی جایگاه سد تراز و مخزن آن ۳۹

۳-٦-۱- مورفولوژی جایگاه سد ۳۹

۳-٦-۱-۱- توپوگرافی ۳۹

۳-٦-۱-۲- وضعیت تکیه گاه ها ٤۰

۳-٦-۲- زمین شناسی مخزن سد ٤۳

۳-٦-۲-۱- توده های سنگی و خاکی در مخزن سد ٤۳

۳-٦-۲-۲- پایداری دامنه ها مخزن ٤۳

۳-۷- هیدرولوژی منطقه ٤٤

۳-۷-۱- فیزیوگرافی حوزه آبریز طرح ٤٤

۳-۷-۲- اقلیم ٤٤

۳-۷-۳- آبدهی ٤٤
۳-۷-٤- تبخیر ٤٥
۳-۷-٥- درجه حرارت ٤٥
۳-۷-٦- بارندگی ٤٦
۳-۷-۷- رسوب ٤٦
۳-۷-۷-۱- تحلیل منطقه ای ٤٧
۳-۷-۷-۲- برآورد تجربی رسوبات به روش PSIAC ٤٧
۳-۷-۸ - سیلاب ٤٨
۳-۷-۹- کیفیت شیمیایی آب ٤٩
۳-۷-۱۰- هیدروژئولوژی ٤٩
۳-۷-۱۰-۱- سطح آب زیر زمینی و جهت کلی جریان آب در توده سنگ پی ٥٠
۳-۷-۱۰-۲- بررسی وضعیت آب زیر زمینی و تغییرات آن در جایگاه سد ٥٠
۳-۸-٤- ویژگیهای مهندسی ناپیوستگیها ٥٢
فصل چهارم بررسی های ژئوتکنیکی توده سنگ ساختگاه سد ٥٩
٤-۱- مقدمه ٦٠
٤-٤- مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه های سنگ بکر ٦١
٤-٤-۱- ویژگیهای شاخص ٦٣
٤-٤-۱-۱- آزمون بار نقطه ای ٦٣
٤-٤-۱-۲- مقاومت فشاری تک محوری ٦٤
٤-٤-۲- ویژگیهای اساسی سنگ بکر ٦٤
٤-٤-۲-۱- وزن واحد حجم سنگها ٦٤
٤-٤-۲-۲- تخلخل ٦٥
٤-٤-۲-۳- دوام وشکفتگی ٦٥

٤-٤-٣- ویژگی های مکانیکی ٦٦
٤-٤-٣-١- تعیین مدول الاستیسته و نسبت پواسون..... ٦٨
٤-٥- طبقه بندی مهندسی سنگ بکر..... ٦٨
٤-٥-١- طبقه بندی دییر و میلر، (Deer and Miller, 1966) ٦٩
٤-٥-٢- طبقه بندی ISRM..... ٧٠
٤-٦- بررسی و ارزیابی نفوذپذیری و شاخص کیفیت سنگ(RQD) در توده سنگ های ساختگاه سد..... ٧١
شرح عملیات حفاری انجام شده در سایت سد ٧١
٤-٦-١- ارزیابی کیفیت توده سنگ بر اساس ضرایب RQD..... ٧٢
٤-٦-١-١- بررسی پارامتر کیفیت سنگ (RQD) در تکیه گاه راست سد..... ٧٤
٤-٦-١-٢- بررسی پارامتر کیفیت سنگ (RQD) در تکیه گاه چپ سد..... ٧٥
٤-٦-١-٣- بررسی پارامتر کیفیت سنگ (RQD)در بستر رودخانه جایگاه سد..... ٧٦
٤-٦-١-٤- بررسی پارامتر کیفیت (RQD) در کل جایگاه سد ٧٧
٤-٦-١-٥- تغییرات RQD با افزایش عمق..... ٧٧
٤-٧- بررسی نتایج آزمایش های نفوذپذیری (تست لوژن)..... ٧٨
٤-٧-١- نتایج آزمایش های نفوذپذیری (لوژن)تکیه گاه راست ٧٨
٤-٧-٢- نفوذپذیری پی سنگ تکیه گاه چپ در جایگاه سد ٨٠
٤-٧-٣- بررسی نفوذپذیری پی سنگ بستر رودخانه سد..... ٨١
٤-٧-٤- ارزیابی تغییرات نفوذپذیری توده سنگ با افزایش عمق در جایگاه سد ٨٢
٤-٧-٥- ارزیابی خصوصیات هیدرولیکی توده سنگی..... ٨٢
٤-٧-٥-١- رفتار هیدرولیکی پی سنگ تکیه گاه راست سد ٨٣
٤-٧-٥- ٢- رفتار هیدرولیکی پی سنگ تکیهگاه چپ جایگاه سد ٨٣
٤-٧-٥- ٣- بررسی رفتار هیدرولیکی کل ساختگاه..... ٨٤
٤-٨- طبقه بندی توده سنگ ساختگاه سد ٨٤

٤-٨- ١- روشهای طبقه بندی توده سنگ ها ٨٤
٤-٨-١-١- طبقه بندی ژئومکانیکی (RMR) ٨٥
٤-٨-١-٢- طبقه بندی توده سنگ بر اساس شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) ٨٦
٤-٨-١-٢-١- محاسبه حجم بلوک (Vb) ٨٧
٤-٨-١-٢-٢- فاکتور شرایط درزه (Jc) ٨٨
٤-٨-١-٣- طبقه بندی DMR ٩٠
٤-٩- برآورد خصوصیات مقاومتی توده سنگ ٩٢
٤-٩- ١- معیار گسیختگی هوک- براون ٩٢
٤-٩-١-١-١- معیار شکست برای توده سنگی ساختگاه سد ٩٤
٤-٩-٢- پارامتر های مقاومتی توده سنگ ٩٥
٤-٩-٢-١- مقاومت فشاری تک محوری توده سنگ ٩٥
٤-٩-٢-٢- برآورد مقاومت چسبندگی (C) و زاویه ی اصطکاک داخلی (Ø) ٩٥
٤-٩-٢-٣- مدول تغییر شکل پذیری توه سنگ ٩٦
٤-٩-٢-٤- مقاومت کششی توده سنگ ٩٦
فصل ٥ بهسازی و کنترل تراوش **١٠٠**
٥-١- مقدمه ١٠١
٥-٢- بررسی گمانه های حفاری شده در محور اصلی سد ١٠٢
٥-٢-١- گمانه های تکیه گاه راست ١٠٣
٥-٢-١- گمانه Bh-1: ١٠٣
٥-٢-١-٢- گمانه BH-2 ..... ١٠٤
٥-٢-٢- گمانه های تکیه گاه چپ ١٠٥
٥-٢-٢-١- گمانه Bh-6 ..... ١٠٥
٥-٢-٢-٢- گمانه BH-7 ..... ١٠٦

۵-۲-۳- گمانه های بستر رودخانه ۱۰۷
۵-۲-۳- ۱- گمانه BH-10 ..... ۱۰۷
۵-۲-۳-۲- گمانه Bh-8 ..... ۱۰۸
۵-۳- ارتباط شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) و عمق در ساختگاه سد ۱۰۹
۵-٤- نتایج تزریق آزمایشی ۱۱۰
۵-٤-۱- ترکیب دوغاب سیمان ۱۱۱
۵-٤-۲-فشار تزریق ۱۱۱
۵-٤-۳-دبی تزریق ۱۱۲
۵-٤-٤- بررسی رده بندی تزریق پذیری توده سنگ ها در محل گمانه های تزریق سد ۱۱۳
۵-٤-۵- بررسی مقدار خورند با لوژن در گمانه های تزریق ۱۱۷
۵-٤-۵- آب بندی پی سد و حدود و ابعاد پرده تزریق ۱۱۸
۵-۵- کنترل کیفیت حفاری و تزریق ۱۱۹
فصل ٦ نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۲۰
٦-۱- نتیجه گیری ۱۲۱
٦-۲- پیشنهادات ۱۲٤
منابع ۱۲۵

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

در جهان امروز و در شرایطی که تب و تاب تشنگی بخشهای وسیعی از کره زمین را فراگرفته است نه تنها آب زراعی بلکه آب آشامیدنی هر روز کمتر و کمیاب‌تر می شود، مهار رودخانه‌ها و به بند کشیدن آب های هرز مهمترین رسالتی است که دولت ها و ملت ها به عهده دارند. بیش از شش میلیارد جمعیت پراکنده بر روی زمین اکنون در یافته‌اند که آب قدر و قیمت دیگری دارد و بدون این مایع حیاتی دوام و بقای انسان و گیاه ناممکن است.

- از آنجا که کشور ایران در منطقه ای خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، همواره از کم آبی و خشکسالی های متمادی رنج می‌برد. میانگین نزولات جوی در ایران پایینتر از میانگین سالیانه جهانی (۲٤۰میلیمتر در مقابل ۸٦۰ میلیمتر) است و عمده بارندگی ها در فصول خاص (زمستان و بهار) متمرکز است(بابایی،۱۳۸۰). لذا مسئله مهار و ذخیره آب ها و سیلاب های سطحی در فصول پر باران و استفاده آنها در فصول خشک سال امری حیاتی و اجتناب ناپذیر می باشد.

- سدها از جمله سازه هایی هستند که به منظور کنترل و مهار آبهای جاری احداث می گردند و هدف از ساخت آنها ممکن است یک منظوره یا چند منظوره باشد با احداث یک سد حجم عظیمی از آب در مخزن آن ذخیره می گردد. از این رو شناسایی، طراحی و احداث سد باید با دقت و معیارهای علمی صورت پذیرد، چرا که وقوع حادثه و تخریب سد نه تنها سرمایه های مادی ساخت آن را از بین می برد بلکه تلفات جانی زیادی را در بر دارد که قابل جبران نخواهد بود.

برای طراحی مناسب و بهینه یک سد نیاز به مطالعات وسیع در زمینه های مختلف می باشد. محل ساخت هر پروژه ای با توجه به وضعیت زمین شناسی، هیدرولوژی، زمین ساختی و... دارای مشکلات مخصوص به خود بوده، که باید این مشکلات با دقت بیشتر مورد بررسی و کنکاش قرار گیرند.

از جمله مشکلاتی که مهندسین ژئوتکنیک و زمین شناس در امور سدسازی با آن دست به گریبان هستند مسئله فرار آب از مخزن سد است. از این رو یکی از قسمت های مهم سد پرده تزریق آن است، که جهت کاهش میزان نفوذپذیری ساختگاه سد و پر کردن فضا های خالی و درز و شکاف ها اجرا می-گردد. چرا که بدون اجرا آن ساخت اکثر سدها ممکن نبوده و در صورت امکان با مشکلات زیادی چون نشت و فرار آب و در نهایت شکست سد روبرو خواهد شد. پرده‌های تزریق باعث تغییر شرایط نشت و مسیر جریان فرار آب در زیر پی سدها می شود . به عبارت دیگر هدف اصلی پرده تزریق کاهش پتانسیل نشت در زیر پی سد ها به مقدار قابل قبول می‌باشد.

آماری که تا سال ۱۹٦۵ جمع آوری شده است نشان می دهد که جریان زه در زیر پی سد ها در بسیاری از موارد خرابی سد ها را باعث شد است (وفائیان، ۱۳۷۷). این مسئله نشان دهنده‌ی اهمیت موضوع

نشت و پتانسیل آب گذری در پی سد ها می‌باشد. از نقطه نظر مهندسی حرکت آب در زیر یک سد در صورتی که جریان از حدود مجاز طرح تجاوز نکند، مسئله ای نخواهد بود. بنابراین مقدار کل جریان ممکن است آنقدر زیاد باشد که از نظر اقتصادی غیر قابل نفوذ ساختن منطقه نفوذ پذیر، الزامی گردد.

در رودخانه هرکش سالانه سیلاب های قابل توجهی رخ میدهد، این سیلاب ها باعث خسارات مالی و هم باعث هدر رفتن حجم زیادی آب میگردند. لذا با هدف کنترل و تنظیم رواناب‌های محدوده این رودخانه اقدام به مطالعات احداث سد ذخیره ای تراز گرفته شد. آب ذخیره شده در این سد جهت تامین آب شرب شهر لالی، روستا های تابعه و همچنین انتقال آب مازاد شرب به دشت لالی جهت تامین نیازهای کشاورزی استفاده خواهد شد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی

منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان حدود ٦ کیلومتری شمال شهر لالی در ناحیه ای به نام تنگ تراز قرار دارد. این محدوده در مختصات جغرافیایی ′۳۸ °۳۲ عرض شمالی و ′۱۰ °٤۹ طول شرقی واقع شده است. رودخانه شور که یکی از شاخه های بزرگ کارون می باشد، دارای چند سر شاخه آب دار است که یکی از آنها رودخانه هرکش نامیده می شود که در ٦ کیلومتری شمال شهر لالی به رودخانه شور می پیوندد. این پیوندگاه که در تراز ۲۹۰ متری از سطح دریای آزاد است، جاده آسفالتی که که از شهر لالی به سوی تراز و تنگ تهی می‌رود از کنار جایگاه سد می‌گذرد(دامنه چپ) و بنابراین راه دسترسی به موقعیت محوری و مخزن سد تراز هم اکنون وجود دارد. در شکل۱-۱، جایگاه سد تراز و راه های دسترسی به آن نشان داده شده است.

۱-۳- اهداف و اهمیت موضوع

مطالعات زمین شناسی مهندسی یکی از موثرترین و مفید ترین مطالعاتی است که امکان سنجی پروژه را تضمین می‌کند. در این پایانامه به دنبال مطالعات مرحله اول به بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی توده سنگ و مواد پوششی تشکیل دهنده ساختگاه سد پرداخته شده است. با توجه به موارد فوق، هدف از انجام این تحقیق عبارت است از:

۱- تعیین وضعیت زمین شناسی مهندسی لایه‌های زیر ساختگاه

۲- شناسایی نواحی مسئله دار و ارائه پیشنهادهای لازم

۳- ارائه راهکارهایی احتمالی برای طراحی بهینه پرده تزریق وروش تزریق

شکل شماره ۱-۱. موقعیت و راههای دسترسی به سد

۱-٤- روش انجام تحقیق

برای رسیدن به اهداف فوق الذکر مراحل زیر مدنظر قرار گرفته است:

۱- گردآوری و بررسی اطلاعات موجود، نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی و عکس‌های هوایی و عکس‌های ماهواره‌ای

۲- بررسی اطلاعات گمانه‌ها ی اکتشافی در طول محور سد، آزمایش های لوژان و ...

۳- بررسی و برداشت های صحرایی و نمونه برداری های لازم

٤- انجام آزمون های برجا و آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها

۵- تجزیه و تحلیل و تلفیق اطلاعات فوق

۱-۵- روش گرد آوری و تجزیه تحلیل اطلاعات

در این مرحله از مطالعات، فعالیت های مطالعاتی انجام شده به شرح زیر است

۱-۵-۱- مطالعات دفتری

در این مرحله اطلاعات متعدد در ارتباط با طرح از منابع مختلف شامل گزارشات و مقاله‌های موجود در رابطه با محل اجرای طرح، نقشه های زمین شناسی و عکس‌های هوایی موجود از منطقه جمع آوری شد.

۱-۵-۲- بازدید های صحرایی

بازدیدهای صحرایی و محلی در دو مرحله انجام شد

الف) پیمایش صحرایی: در این مرحله که همزمان با مطالعات دفتری انجام شد محدوده اجرای طرح مورد بازدید و بررسی قرار گرفت. در این مرحله بیرون‌زدگی‌های توده های سنگی و میزان و وضعیت توپوگرافی و وضعیت آبهای زیر زمینی بررسی و توصیف شد و یاداشت برداری انجام شد .

ب) بررسی‌های محلی و جزء به جزء: در این مرحله بررسی های محلی دقیق تر و کامل‌تر انجام شد و اطلاعات بدست آمده از مراحل قبلی، در این مرحله کاملتر شد که جزئیات بررسی های انجام شده به شرح زیر است:

- مشخص شدن محل حفر گمانه ها و برداشت نمونه و محل انجام آزمایش‌ها
- برداشت مشخصات ناپیوستگی ها در بررسی های صحرایی و بررسی آماری و سیستم درزه ها توسط برنامه Dips

۱-٦- تاریخچه مطالعات قبلی

۱-٦-۱- مطالعات مرحله شناخت

بررسی های اولیه در خصوص اولویت های دارای پتانسیل لازم جهت ایجاد سد و سازه های وابسته در مسیر رودخانه هرکش در چهارچوب طرح شناخت انجام شده است. در این مرحله از مطالعات گزینه های مختلفی که دارای پتانسیل لازم جهت احداث سد مخزنی بودند به منظور ذخیره رواناب‌ها بررسی شدند .در نهایت دو محل برای احداث سد پیشنهاد شد(شرکت مهندسین مشاور خاک آزما، ۱۳۸۳). گزینه۱ در ۵ کیلومتری شمال شهرستان لالی در پایین دست روستای تراز و گزینه ۲ در ٤۰۰ متری بالادست گزینه اول در نظر گرفته شد. در این مرحله هیچ گونه عملیات حفاری و یا انجام آزمایشات ژئوتکنیکی در محل گزینه های مورد نظر صورت نگرفته است.

۱-٦-۲- مطالعات مرحله اول

در این مرحله، مطالعات مرحله شناخت بازنگری شد. مطالعات انجام شده علاوه بر محور ۱ در محور ۲ نیز انجام شد. بدین جهت مطالعات زمین شناسی و حفاری های ژئوتکنیکی بر روی هر دو محور انجام گردید. برای بررسی های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی گزینه ها، نقشه های زمین شناسی ساحتگاه سد و مخزن با مقیاس ۱:۵۰۰۰ تهیه شد و شرایط زمین شناسی و ساختاری ساختگاه سد

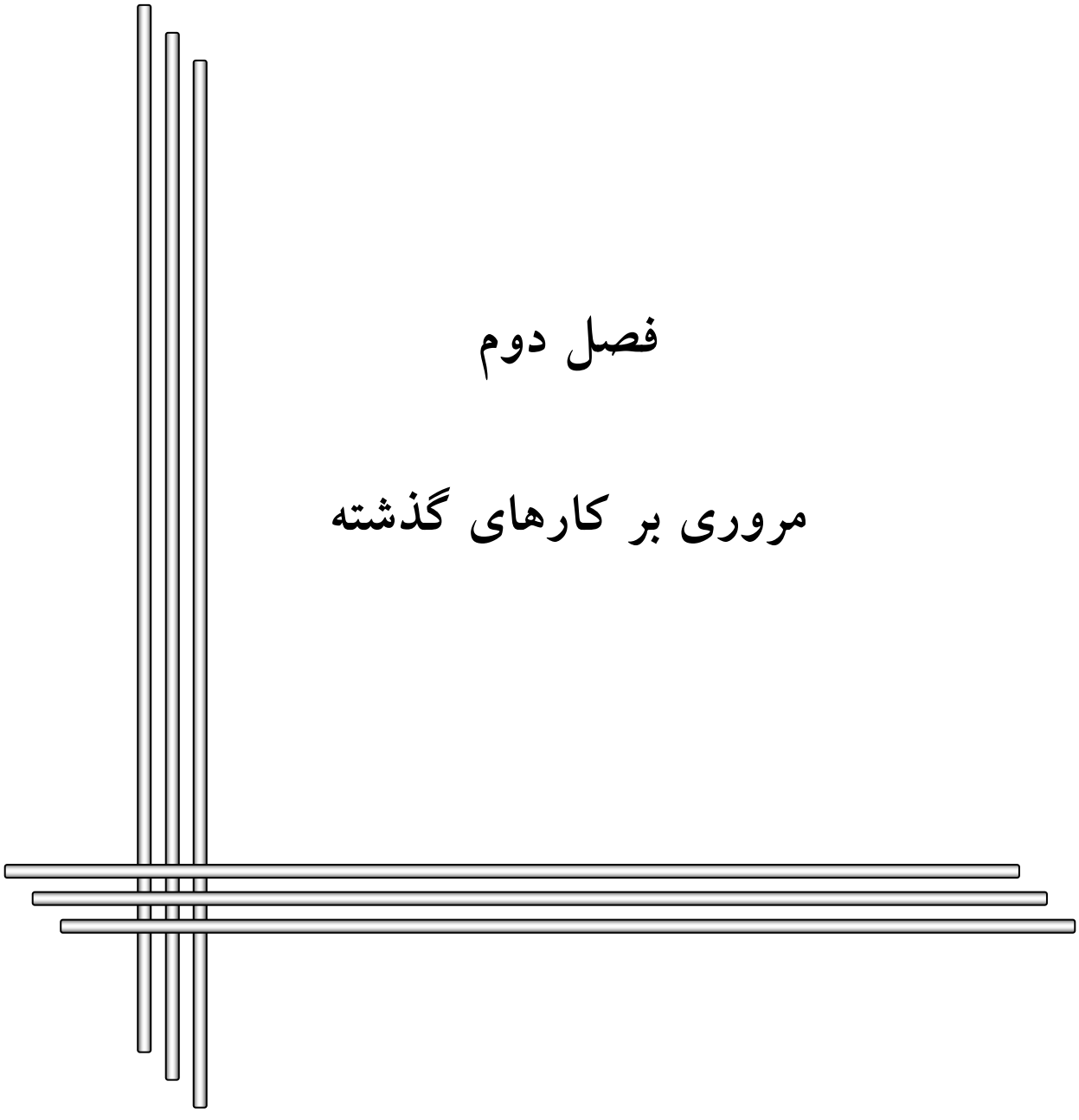
توصیف و مقایسه شدند. عملیات حفاری ژئوتکنیکی در محل گزینه ها شامل حفاری تعداد ۵ گمانه در گزینه ۱ به میزان ۲۰۰ متر حفاری و تعداد ۵ گمانه به میزان ۳۰۰ متر حفاری در گزینه ۲ می‌باشد.
شرایط زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی محل محور های انتخابی جهت ایجاد سد و سازه ای وابسته مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بررسی ها در این پایان نامه ارائه شده است. پس از بازدیدهای صحرایی و بررسی بر روی گمانه ها ی حفاری شده در هر دو محور مشخص شد. هر دو محور مطالعاتی بالا و پایین دست از نظر خصوصیات ژئوتکنیکی دارای شرایط بسیار مناسبی برای احداث سد مخزنی می باشند و از این نظر شرایط نسبتا مشابهی را نشان میدهند. ولی با توجه به وجود مصالح درشت دانه مناسب و نزدیکی آن به محور پایین دست، شرایط توپوگرافی و ژئومورفولوژی مناسبتر، و همچنین طول محور کوتاهتر باعث گردید که محور پایین دست دارای شرایط بهتری نسبت به محور بالا دست باشد. همچنین به علت شرایط خاص محور پایین دست سد RCC پیشهاد گردید.

۱-۷- خلاصه مشخصات طرح

نوع سد: بتن غلتکی(RCC)، تراز تاج سد: ۳۸۸ متر، طول تاج سد: ٤۳۰ متر،
نوع سرریز: آزاد روی بدنه سد، تراز نرمال آب مخزن: ۳۸۵ متر، عرض تاج سد: ٦ متر،
ارتفاع حداکثر از بستر رودخانه: ۷۹ متر، ارتفاع حداکثر از سنگ بستر: ۸۲ متر،
تراز بستر رودخانه در محور سد: ۳۰۹ متراز سطح دریا آزاد،
حجم مخزن در تراز نرمال (۳۸۵ متر) : ۱٤۰ میلیون متر مکعب
نوع سیستم انحراف آب سد تراز، کالورت با دو دهانه ۳/۳ متر عرض و ۳/۵ متر ارتفاع در تکیه گاه چپ می‌باشد.
نوع سیستم تخلیه کننده عمقی سد، لوله ای به قطر ۱/۵ متر است که در سلول راست کالورت جانمایی شده است.
نوع سرریز آزاد بر روی بدنه سد می‌باشد که تاج سرریز در تراز ۳۸۵ متری قرار دارد که دبی طراحی شده برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال ۱٤۸ متر مکعب بر ثانیه را می‌تواند به پایین دست هدایت کند.

فصل دوم

مروری بر کارهای گذشته



۲-۱- مقدمه

سدها از جمله سازه هایی هستند که به منظور مهار و کنترل آبهای سطحی احداث میگردندو هدف از ساخت سدها ممکن است یک منظوره یا چند منظوره باشد. با احداث یک سد حجم عظیمی از آب در مخزن آن ضخیره میگردد . از اینرو شناسایی، طراحی و احداث سد باید با دقت و معیار های علمی صورت پذیرد. برای طراحی مناسب و بهینه یک سد نیاز به مطالعات وسیع در زمینه های مختلف میباشد . محل ساخت هر پروژه با توجه به وضعیت زمین شناسی، هیدرولوژی، زمین ساختی و غیره دارای مشکلات مخصوص به خود بوده که باید این مشکلات با دقت بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۲- سد های بتن غلتکی

سدهای بتنی غلتکی را میتوان مهمترین توسعه در تکنولوژی سد سازی در ۳۰ سال اخیر دانست که شناخت آن به دهه های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بر میگردد. استفاده از این صنعت سد سازی باعث کسب مزایای فراوانی از جمله سرعت بالای اجرا و کاهش هزینه های مصرفی میگردد. طبق تعریف کمیته ۲۰۷ انجمن آمریکا، بتن غلتکی نوعی بتن با اسلامپ صفر میباشد که عملیات حمل، پخش و تراکم آن توسط ماشین آلات مورد استفاده در عملیات خاکی صورت میگیرد. مخلوط بتن غلتکی تازه باید تحمل بار غلتک های ویبره ای و سایر ماشین آلات را در حین فرایند تراکم داشته باشد. و در عین حال امکان آرایش مجدد سنگدانه ها را در داخل بافت بتن میسر سازد. بتن غلتکی سخت شده نیز باید توان تحمل تنش های اعمالی خارجه و داخلی اعمال شده را داشته باشد. بتن غلتکی از نظر ظاهری در حالت متراکم نشده تفاوت فاحشی با بتن متعارف دارد در چنین حالتی هیچ اثر عمده ای از خمیر بتن وجود ندارد ولی بعد ازآنکه سیمان مخلوط به نقطه خودگیری رسید شبیه بتن متعارف میشود. در حالت کلی دامنه انتخاب مصالح در این بتن وسیع تر از بتن های متعارف میباشد.(آیین نامه ارتش آمریکا، ۲۰۰۰)

از دهه ۱۹۵۰ ساخت سدهای بتنی در سراسر دنیا کاهش یافت و از سال ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۷ نسبت سدهای بتنی ساخته شده به کل سدها از ۳۶ درصد به ۲۵ درصد رسید. این سیر نزولی طی سالهای ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۲ ادامه داشت و این نسبت در بازه زمانی مذکور به ۱۶/۵ درصد رسید. دلیل این کاهش محبوبیت استفاده از سدهای خاکی و سنگریزه ای در دره های عریض بود که با هزینه کمتر و سرعت بیشتر اجرا می شدند. اما به مرور زمان معلوم شد که سدهای خاکی علیرغم سرعت و مزایای اقتصادی، از ایمنی کمتری برخوردار هستند و تجارب، خرابی های وسیعی را در سدهای خاکی ناشی از روگذری سیلاب و فرسایش درونی نشان داد. این امر محققین را بر آن داشت که در پی مصالحی باشند که سرعت و مزایای

اقتصادی سدهای خاکی را همزمان با مزایای مصالح بتنی داشته باشد و بدین ترتیب ایده استفاده از بتن غلتکی در سد سازی پایه ریزی و قوت گرفت.

سد Willow Creek در سال ۱۹۷٤ به عنوان اولین سد بتن غلتکی در آمریکا ساخته شد. همزمان با کاربرد بتن غلتکی به عنوان یک مصالح ساختمانی در آمریکا، تحقیقات قابل توجهی نیز در ژاپن و انگلستان بر روی بتن غلتکی در حال انجام بود تا اینکه سد shimajiawa در سال ۱۹۸۱ در ژاپن به روش سدهای متراکم شده با غلتک ساخته شد.

۲-۲-۱- مزایای اصلی

الف) هزینه ها : هزینه اجرای سدهای بتن غلتکی تقریبا ۲۵ الی ۵۰ درصد کمتر از سدهای بتن متعارف میباشد.

ب) اجرای سریع: سرعت بالای اجرا (در مقایسه با سدهای بتن متعارف و خاکی) و کاهش مقدار مصالح مورد نیاز (در مقایسه با سدهای خاکی) از عمده دلایل کاهش هزینه ها در سدهای بتنی غلتکی به شمار می آید.

پ) امکان احداث سرریز و سایر سازه های جنبی پیوسته روی بدنه سد

ت) کاهش هزینه سدهای انحرافی و فرازبندها: به دلیل ابعاد کوچکتر پی در سد بتنی غلتکی در مقایسه با سدهای خاکی، مسیر انحراف آب کوتاهتر است. با کوتاهتر شدن دوره اجرا احتمال وقوع سیلاب های بزرگتر کمتر شده و بنابراین اندازه تونل انحراف و ارتفاع فرازبندها در مقایسه با سدهای خاکی و سدهای ساخته شده با بتن متعارف کاهش می یابد.

ث) سایر مزایا: به دلیل حجم کم سدهای بتنی غلتکی، منبع تهیه مصالح از اهمیت کمتری در تعیین محل سد برخوردار خواهد بود.

۲-۲-۲- مصالح

روش های مورد استفاده در سدهای بتنی غلتکی برای بررسی مواد استفاده در بتن و دامنه بررسی های مورد نیاز مشابه روش های مورد استفاده در سدهای اجرا شده با بتن متعارف میباشد.

مواد سیمانی : که شامل سیمان و پوزولان میباشد. انتخاب مواد سیمانی به طور چشمگیری سرعت هیدراسیون و کسب مقاومت را تحت تاثیر قرار میدهد . استفاده از پوزولان که در اغلب پروژه های بتن غلتکی متداول است باعث کاهش هزینه ها و کاهش حرارت هیدراسیون میشود میزان پوزولانی که حداکثر مقدار آن به ۸۰ درصد حجمی مواد سیمانی محدود میگردد توسط شرکت های مهندسی بسیاری در پروژه های متعدد مورد استفاده قرار گرفته است .

الف) سیمان

سیمان پرتلند نوع ۲ به علت تولید حرارت هیدراسیون کم در سنین پایین و زمان گیرش طولانی تر آن ، متداولترین نوع سیمان مورد استفاده در بتن های غلتکی میباشد. بر عکس سیمان نوع ۳

ب) پوزولان

استفاده از پوزولان و یا سرباره کوره بلند آهنگدازی در بتن غلتکی از جنبه های مختلف میتواند مفید واقع شود. از جمله این مزایا میتوان به استفاده از این مواد به عنوان ماده معدنی پرکننده در بافت بتن غلتکی، بروز خواص سیمانی و تسهیل فرایند تراکم بتن غلتکی اشاره کرد.پوزولان قسمتی از حجم خمیر را که قبلا با آب و سیمان پر شده بود، اشغال میکند.خاکستر بادی کلاس F متداولترین پوزولان یا ماده معدنی پرکننده در مخلوط های بتن غلتکی به شمار می آید.

پ) سنگدانه ها

یکی از فاکتورهای مهم در تعیین کیفیت و االقتصادی بودن پروژه ، انتخاب منبع قرضه مناسب برای سنگدانه ها میباشد.

سنگدانه های ای که در بتن غلتکی مورد استفاده قرار میگیرند حداکثر باید دارای بعد اسمی ۷۵ میلیمتر باشند.

ت) مواد ریز دانه

در صورت استفاده از بتن غلتکی با عیار مواد سیمانی پایین ، مقدار مورد نیاز رد شده از الک ۷۵ میکرون (No . 200) بیش از مقداری خواهد بود که برای بتن متعارف قابل قبول میباشد. درصد بالای مواد ریز دانه در بافت بتن غلتکی برای افزایش مقدار خمیر مخلوط جهت پر کردن فضا های خالی و افزایش کارایی مخلوط به کار میرود . این مواد ریز افزوده معمولا از جنس سیلت طبیعی غیر پلاستیک و ماسه ریز و ریزدانه های مصنوعی میباشد. اگر چه اصلی ترین فایده استفاده از مواد ریز ، کنترل جاشدگی سنگدانه ها میباشد. در بسیاری از موارد این مواد ریز باعث افزایش نیاز به آب و در نتیجه کاهش مقاومت می‌شوند. در هنگام انتخاب سنگدانه ها باید احتیاط کافی در خصوص پلاستیک و یا غیر پلاستیک بودن مواد ریز اعمال شود. (آیین نامه ارتش آمریکا، ۲۰۰۰)

۲-۳- روشهای تعیین نفوذپذیری

به منظور طراحی ایمن و اقتصادی سازه های همچون سدها، داشتن اطلاعات کافی در مورد قابلیت نفوذپذیری توده سنگ الزامی میباشد.لذا به منظور اطلاع از ضریب نفوذپذیری توده سنگ ها آزمایش های برجا به اجرا در می‌آیند. پر استفاده ترین روش های آزمایش توده سنگ آزمایش لوژن است که در ادامه تشریح شده است. همچنین برای محاسبه نفوذپذیری اخیرا از شاخص نفوذپذیری ثانویه(SPI)استفاده میشود که در این شاخص از نتایج آزمایش لوژن استفاده میشود در ادامه در مورد این شاخص هم بحث می‌شود.

۲-۳-۱- آزمایش فشار آب لوژن(Water Pressure Test)

جهت مشخص کردن توده های متخلخل از قانون دارسی استفاده می شود و K بدست آمده از این قانون به عنوان ضریب نفوذپذیری بیان می شود. اما از این روش نمی توان در سنگ ها (در مقیاس کوچک) استفاده کرد. زیرا در این روش تاثیر وضعیت درزه ها را بر روی نفوذپذیری ناچیز در نظر گرفته و محیط متخلخل به صورت همگن در نظر گرفته شده و از K برای تعیین نفوذپذیری استفاده می شود. اما سنگ ها در مقیاس کوچک به صورت توده ای همگن نیستند. بنابراین در سنگ ها برای تعیین نفوذپذیری از آزمایش فشار آب استفاده می شود (اورت ۱۹۸۵). آزمایش فشار آب به دو صورت انجام می شود ۱- آزمایش لوفرن و ۲- آزمایش لوژن. آزمایش لفران در خاکها و آبرفت ها و آزمایش لوژان در سنگ ها انجام می‌گیرد. آزمایش لوژن درسال ۱۹۳۳ توسط لوژن بیان شد و تا امروز از نتایج آن جهت تعیین نفوذپذیری و تزریق پذیری توده سنگ استفاده می‌شود. نفوذپذیری اندازه گیری شده دراین آزمایش مقدار ثابتی نیست و به عواملی مانند فشار آزمایش، مقاومت والاستیسیته سنگ بستگی دارد. استفاده از نتایج آزمایش لوژن جهت تشخیص تزریق مناسب نیست زیرا این آزمایش نه رفتار نفوذپذیری سنگ را به درستی مشخص می کند و نه پارامترهای محلی در ارتباط با زمین شناسی، اما درحال حاضر استفاده از آن مناسب ترین راه می باشد.

آزمایش فشار آب اطلاعاتی را در مورد پتانسیل جذب سنگ‌ها بیان می کند. هر چند این آزمایش بطور مستقیم اطلاعاتی را در مورد سیستم درزه و ضریب تراوایی توده سنگ‌ها در اختیار ما نمی‌گذارد اما با توجه به نتایج شاخص کیفیت سنگ می توان در مورد تراوایی از طریق درز و شکاف ها اطلاعاتی را بدست آورد.

آزمایش نفوذپذیری در مراحل متوالی انجام می شود. ابتدا مقطع با فشار کم به حالت اشباع در می‌آید تا اینکه میزان تراوش آب ثابت بماند سپس میزان جریان طی فواصل زمانی ۵ دقیقه ای اندازه گیری می شود. این روش تا افزایش فشار ۱۰ اتمسفر انجام می‌گردد.

مراحل کاهش فشار مشابه حالت افزایش اندازه‌گیری می شود. اما معمولا آزمایش در فشارهای بالا یا پایین تر از ۱۰ اتمسفر انجام می گیرد. میزان نفوذپذیری بر اساس واحدی بنام لوژن بیان می شود که یک لوژن برابراست با میزان آبخوری یک لایه معادل با یک لیتر در متر در دقیقه تحت فشار ۱۰ اتمسفر عدد N واحد لوژن با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید.

$$N = 10Q / plt$$ رابطه (۲-۱)

در این رابطه

Q = جریان آب در مقطع آزمایش بر حسب لیتر

L = طول قطعه آزمایش به متر

t = زمانی که در طی آن دبی Q جریان داشته باشد بر حسب دقیقه

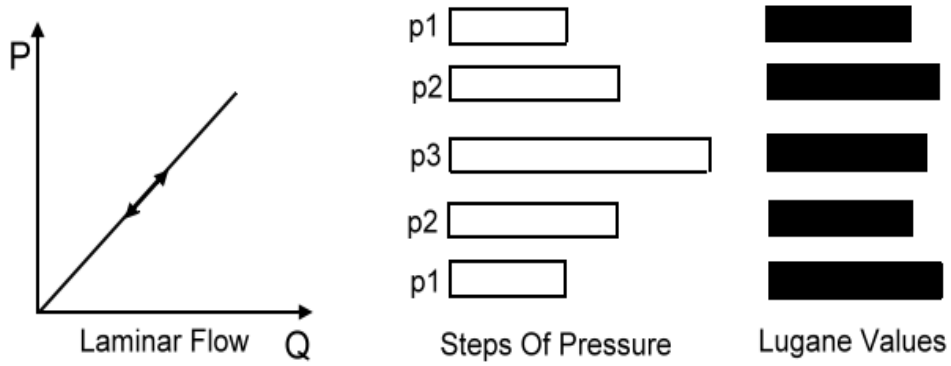
P = فشار آزمایش به اتمسفر

۲-۳-۱-۱- نتایج آزمایش لوژن

نتایج آزمایش فشار آب به صورت نمودارهای بیان می شود و با استفاده از آن ها می توان رفتار هیدرولیکی سنگ را مشخص کرد. این رفتارها عبارت اند از: ۱- خطی ۲- آشفته ۳- آبشستگی ٤- پرشدگی ٥- باز شدگی

۲-۳-۱-۱-۱ جریان خطی

جریان در شکافهای اطراف مقطع بصورت آرام و یکنواخت است و مصالح آن فرسایش نمی یابد تغییری در شرایط سنگ رخ نمی دهد رابطه P-Q خطی است مقدار N دراین حالت برای تمام فشارهای اعمال شده در آزمایش ثابت است(لوژن انتخابی برابر میانگین داده ها است) (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- جریان خطی

۲-۳-۱-۱-۲ جریان آشفته

دراین حالت نیز تغییری در شرایط سنگ رخ نمی‌دهد. این جریان باعث کاهش فشار در درزه‌ها می‌شود. بنابراین جذب کاهش می‌یابد مقدار Q بتدریج با اعمال فشار کاهش می‌یابد (مقادیر لوژن با کاهش فشار افزایش می یابد) این جریان نشان دهنده پتانسیل بالا در تزریق پذیری منطقه می باشد.(لوژن انتخابی برابر با لوژن مربوط به فشار حداکثر است)(شکل ۲-۲)